CONTROL OF EXPOSURE TO WELDING FUMES AND GASES

Paul Sampara
Project Scientist
Material Hazards

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

250 Main Street East
Hamilton Ontario
L8N 1H6

May 1985

P85-7E

CONTROL OF EXPOSURE TO WELDING FUMES AND GASES

CCOHS NUMBER P85-7E

ISBN 0-660-11958-7

DSS CATALOGUE NUMBER CC273-2/85-7E

This publication is available
in both official languages.

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

Published 1985

Additional copies available upon request.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE OF CONTENTS

		Page
	SCOPE	1
	INTRODUCTION	1
I.	FACTORS AFFECTING THE COMPOSITION AND CONCENTRATION OF FUMES AND GASES	2
II.	EXPOSURE LIMITS FOR FUMES AND GASES	2
III.	EXPOSURE CONTROL	4
	A. Substitution	4
	B. Changing Welding Process Variables	4
	C. Specific Engineering Controls	5
	D. Ventilation	5
	E. Respiratory Protection	7
	F. Work Practices	10
IV.	SUMMARY	10
V.	REFERENCES	11

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

SCOPE

This document summarizes some of the ways of controlling exposures to welding fume and gases, and is intended primarily as a source of information for welders, welding engineers, health and safety committees, industrial hygienists, and other health and safety professionals.

INTRODUCTION

Welding is a major industrial process which uses heat and/or pressure to join metals. Among the many different welding techniques, arc welding has become the one most widely used.

Arc Welding uses a continuous electrical discharge (an electric arc) to generate high temperatures (3,000°C to 30,000°C). The electric arc is maintained at the gap between the electrical conductor (the electrode) and the workpiece. The arc can be manipulated so that molten metal from the workpiece and from an electrode or filler rod form a common puddle which cools to form the weld.

Fumes and Gases are produced during the welding process in the form of a welding plume (the cloud of smoke that rises from the arc zone). The heat and ultraviolet radiation from the welding arc also generate potentially harmful gases in the surrounding air. Welders and other workers nearby are exposed to all of these substances. It is no straightforward matter to assess the health effects of such exposure. Many variables influence the chemical composition and concentration of welding byproducts and can create thousands of different combinations. No two welding exposures are likely to be identical, so that the task of determining the exposure of any one welder is extremely difficult.

Short-Term Health Effects from exposure to high levels of welding fumes and gases include respiratory tract irritation, metal fume fever and, in severe overexposures, life-threatening poisoning.

Long-Term Health Effects from many years of exposure to welding fumes and gases are less clearly understood. A major concern is whether welders have an increased risk of developing lung cancer. A definite link between welding and cancer has not been established, although some research suggests an increased risk of lung cancer among stainless steel welders. For a more thorough discussion of health effects, references 1 to 6 should be consulted.

Until the question of long-term health effects is answered, and to reduce the occurrence of short-term health effects, exposures to welding fumes and gases should be controlled as much as possible by following good occupational hygiene practices, such as those discussed in this document.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. FACTORS AFFECTING THE COMPOSITION AND CONCENTRATION OF FUMES AND GASES

Exposures to welding fumes and gases can vary greatly because of the number of factors influencing their make-up. Concentrations in the welding plume close to the arc can reach 100 milligrams per cubic metre. In the welder's breathing zone concentrations of fumes and gases can range from 2 to 10 milligrams during an eight-hour period (7).

Some of the variables that affect the composition and concentration of welding fumes and gases include:

1. welding process;
2. electrode composition;
3. current;
4. arc voltage/arc length;
5. electrode polarity;
6. shielding gas.

For a more detailed discussion of the factors that affect the composition and concentration of welding fumes and gases, references 8, 9, and 10 should be consulted.

More than 90 percent of welding fumes arise from the melting of the consumable electrode or rod. As well as filler metal similar to the metal being welded, some electrodes contain cores or coatings made up of a complex mixture of chemicals which perform important functions in the welding process. These also contribute to the composition of the welding fumes. Therefore, a good starting point for identifying the fumes is to find out the composition of the consumable electrode or rod.

The American Welding Society has developed a system for classifying all consumable welding electrodes and rods (10). Each welding electrode and rod that is manufactured is imprinted with a number and letter code which gives information on the chemical composition as well as welding characteristics. Another valuable source of information on the composition of welding electrodes is the material safety data sheets that are prepared by the manufacturers or suppliers and are usually available on request.

II. EXPOSURE LIMITS FOR FUMES AND GASES

The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) recommends an exposure limit of 5 milligrams per cubic metre (mg/m3) for welding fumes measured as the total weight of particles that can be inhaled. This is a time-weighted average (TWA) exposure limit calculated over an 8-hour workday. It applies only to welding fume that contains contaminants, such as iron oxide, which are of low to moderate toxicity.

Certain welding processes may generate high levels of toxic fumes and gases. For example, stainless steel welding generates high levels of chromium and nickel; galvanized metal welding generates high levels of zinc and cadmium. In these cases the recommended exposure limits for the individual fumes and gases would apply.

ACGIH recommends ceiling limits or short-term exposure limits (STEL) for certain compounds or metals. A ceiling limit should not be exceeded at any time during the work shift. A STEL refers to an exposure level that should not be exceeded for any 15-minute period of the workshift, with no more than four such periods per workshift.

Table 1 lists the ACGIH recommended exposure limits for welding fumes and gases that are currently adopted as guidelines in most North American jurisdictions.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

To try and overcome the problem of having to determine exposure to the total amount of fume as well as individual fumes, process-dependent exposure limits have been developed. These exposure limits are based on almost 2,000 sampling results for five of the most common welding process and metal combinations, and are listed in Table 2. Process-dependant exposure limits have been adopted by the Ministry of Labour in Denmark.

The rationale of this approach is that if the total fume concentrations are controlled to the recommended limits for the various welding processes, there is less than a 5 percent chance of any individual constituents, such as nickel or chromium, exceeding their recommended exposure limits.

An advantage of process-dependent exposure limits is that sampling and analysis are simplified and more economical since one sample (total fume) is considered representative of the welder's exposure to all fume constituents. At present process-dependent exposure limits are not available for all welding processes and materials.

Table 1
Exposure Limits for Welding Fumes and Gases as Recommended by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) - 1984-85

Welding Fume or Gas	Time Weighted Average Exposure Limit (milligrams per cubic metre)	Short-Term Exposure Limit (milligrams per cubic metre)
Aluminum (Welding Fume)	5	—
Beryllium[1]	0.002	—
Cadmium Oxide	0.05 Ceiling Limit	—
Carbon Dioxide	9,000	27,000
Carbon Monoxide	55	440
Chromium as Chromium VI[2]	0.05	—
Cobalt	0.10	—
	(0.05)	(0.1)
Copper Fume	0.20	—
Fluoride	2.50	—
Iron Oxide	5	(10)
Magnesium	10	—
Manganese	1	3
Molydbenum as soluble compounds	5.0	10
Nickel as soluble compounds[3]	0.10	(0.30)
Nitrogen Dioxide	6	10
Ozone	0.20	0.6
Phosgene	0.40	—
Phosphine	0.40	—
Tin Oxide	2	(4)
Titanium Dioxide	10	20
Vanadium Oxide Fume	0.05	—
Zinc Oxide Fume	5	10
Welding Fumes as Total Particulate	5 mg/m^3	—

Footnotes:
1. Suspected human carcinogen
2. Recognized human carcinogen (certain water insoluble compounds)
3. Certain nickel compounds can cause cancer in humans

Numbers in brackets indicate these are intended changes.

Time weighted average exposure limits are the time weighted average concentrations of an agent for a 40 hour week to which, it is believed, nearly all workers may be exposed day after day without experiencing adverse effects.

Short-term exposure limits are the maximum concentrations of agents in the air to which workers may be exposed from time to time. However, the exposure of a worker to these maximum concentrations should be:

1. for not more than 15 minutes on any occasion;
2. not more often than 4 times in a workday; and
3. only after 60 minutes have elapsed from the time of the last exposure to such a concentration.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Table 2
Process Dependant Exposure Limits for Welding Fumes*

Welding Process	Metal Being Welded	Process Dependant Exposure Limit for Welding Fumes as Total Particulates (milligrams per cubic metre) Time Weighted Average Exposures
Manual Metal Arc (MMA)	Mild Steel	3.4
Metal Inert Gas (MIG)	Mild Steel	3.1
Flame Cutting	Mild Steel	2.8
Tungsten Inert Gas (TIG)	Stainless Steel	2.7
Manual Metal Arc (MMA)	Stainless Steel	1.6

*as recommended by the Danish Welding Institute and adopted by the Ministry of Labour in Denmark.

III. EXPOSURE CONTROL

Other than outright elimination of a particular substance, no one control method is completely effective in reducing exposures to safe levels. Typically, a combination of control strategies is the most effective approach. An important principle is that the further a control is from the source of the hazard, the less effective it will be in reducing exposure.

As with most occupational hazards, there are several ways of reducing or controlling exposure to welding fumes and gases, as follows.

A. SUBSTITUTION

Manufacturers of welding electrodes may be able to substitute less hazardous ingredients in their products without changing important metallurgical or welding characteristics. For example, lithium silicate or an organic binder substituted for sodium or potassium silicates has greatly reduced chromium fumes during stainless steel welding (11).

B. CHANGING WELDING PROCESS VARIABLES

Welding process variables can be adjusted so as to allow maximum production with the minimum level of byproducts.

The following are examples of how welding process variables can affect fume generation rates (8,9,10).

1. **Current.** In general, fumes increase with increasing current.
2. **Electrode Diameter.** More fumes will be produced by smaller diameter electrodes than by larger diameter electrodes at the same current.
3. **Voltage.** Fumes increase as voltage increases.
4. **Electrode Polarity.** Welding DC positive produces up to 30 percent more fume than welding DC negative or AC.
5. **Arc Length.** Longer arc lengths produce more fumes.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

6. **Shielding Gas.** The type of shielding gas can significantly affect fume generation rate. For example, fume generation rates can be reduced by 15 percent to 25 percent when a mixture of argon and carbon dioxide is used instead of carbon dioxide alone. Adding nitric oxide to the shielding gas in MIG aluminum welding, greatly reduces ozone concentrations (12).

C. SPECIFIC ENGINEERING CONTROLS

New and innovative engineering controls may be developed to control specific fumes or gases in a particular welding environment. An example is the recent development of two methods for reducing ozone concentrations in metal inert gas (MIG) welding of aluminum (13). Ozone presents a particularly difficult control problem since it is formed at a distance from the welding arc. Local exhaust ventilation is generally ineffective in controlling exposures to ozone.

In the first method, a stainless mesh shroud is attached to the welding torch with a small viewing window left open so that the welder can still view the weld. The stainless steel shroud acts as a barrier to the ultraviolet radiation, which generates ozone by interacting with oxygen in the surrounding air. Increasing the layers of stainless steel mesh further reduces the transmission of radiation and the level of ozone. Using this method, ozone exposures rarely exceed recommended limits of 0.1 parts per million.

The second method uses a combination of shielding and ventilation when the stainless steel shroud cannot be used because of the size or configuration of the parts being welded. A lightweight, mobile fume cabinet is constructed of translucent plastic and fitted with an exhaust fan. The translucent plastic prevents the transmission of ultraviolet rays and so prevents the production of ozone. This type of ventilation enclosure reduces ozone levels for the welder as well as for other workers close by.

D. VENTILATION

Ventilation uses the flow of air to control exposure to harmful contaminants in the working environment. The two types of ventilation used for welding are general or dilution ventilation and local exhaust ventilation.

General or Dilution Ventilation is the introduction of large amounts of air into a workplace by natural means such as opening doors and windows, or by the use of fans to move large amounts of air through the workplace. Rather than removing the contaminants, general ventilation dilutes them in the larger work area. Welding generates high concentrations of fumes and gases in localized areas in a workplace. In order to maintain safe exposure levels, large amounts of air would have to be moved through the workplace. General ventilation may be effective in controlling exposure to gases which are not very toxic. For example, metal inert gas welding of mild steel produces mainly iron oxide fumes which are not considered to be very toxic.

Local Exhaust Ventilation captures airborne contaminants at or near the place where they are generated, and removes them from the workplace. Since most fumes and gases are produced close to the welding arc, local exhaust ventilation is much more effective than general or dilution ventilation. Local exhaust systems are usually more economical since they require less air to be moved than general ventilation.

A local exhaust ventilation system usually includes a hood or enclosure, ductwork, an air cleaning device and an exhaust fan to draw the contaminated air through the exhaust system and to discharge it to the outside air.

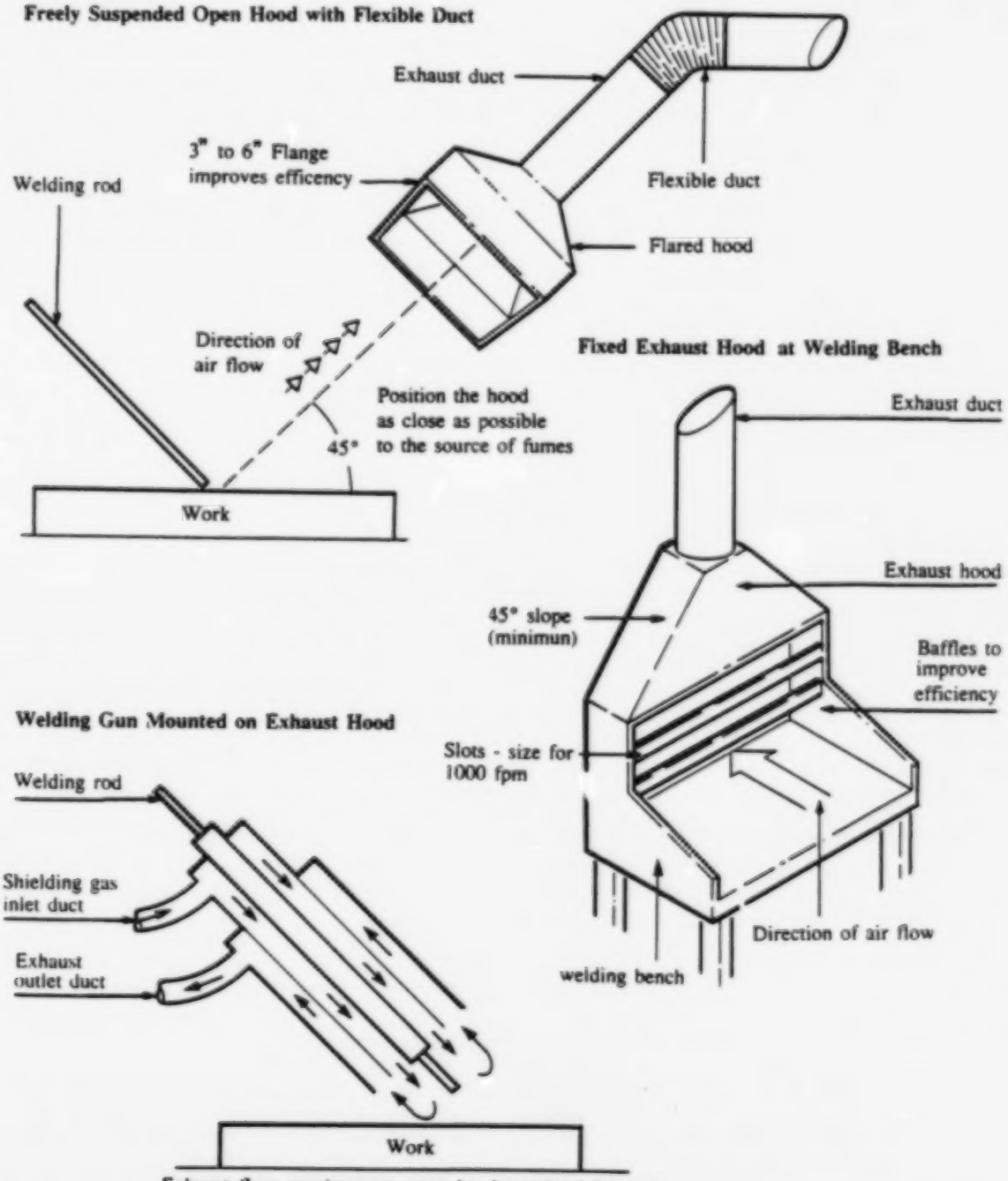
Three examples of local exhaust ventilation for welding operations are:

1. fixed installations, such as side-draft or down-draft tables and benches, and partially or completely enclosed booths,
2. portable installations, such as moveable hoods that are attached to flexible ducts, and
3. fume extractors attached directly to the welding gun.

Examples of these types of local exhaust ventilation are illustrated in Figure 1.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

EXAMPLES OF LOCAL EXHAUST VENTILATION FOR WELDING
Figure 1



Exhaust flow requirements must be determined for each welding operation and welding gun configuration by experimental testing with air contaminant sampling and analysis.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Local exhaust ventilation systems should be designed to capture the fumes before they reach the breathing zone of the welder. Installations such as overhead canopy hoods are generally not recommended since the fumes and gases will be drawn through, instead of away from the welder's breathing zone.

A particularly difficult problem is controlling fume and gas exposures when welding in confined spaces, as in ship-building or structural welding. Portable ventilation systems have been developed in recent years which contain a particulate filter and an absorption system for the removal of gases (8). The success of these units in reducing fume and gas exposures depends on the welder continually moving the hood or nozzle as close as possible to the welding arc.

Ventilation systems should be checked periodically to ensure proper operation. Hoods should be tested for proper air flow and ductwork should be inspected for signs of deterioration or leakage.

Ventilation guidelines for welding and cutting are published in the Canadian Standards Association (CSA) Standard W117.2 (14). Other guidelines and recommendations for local exhaust or general ventilation are also published by NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) and ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in the United States (15,16). These sources contain details on the design and installation of the different ventilation systems outlined above.

E. RESPIRATORY PROTECTION

Respiratory protection should be considered as a method of exposure control only when none of the exposure control methods discussed above is possible, or until such control measures can be installed, or in emergency situations. Respiratory protection is the least desirable control method since it does nothing to reduce or eliminate the exposure problem. Protection depends heavily on the selection of the right type of respirator and on its proper use by the welder.

If good ventilation is provided, most welding operations do not require the use of respiratory protection. If good general or local exhaust ventilation is not available, or if welding is done in a confined space with poor air movement, some form of respiratory protection is usually required (10,17,18).

Types of respirators generally recommended for welders are outlined in Table 3. The three types of respirators most frequently used are discussed briefly below and illustrated in Figure 2.

Disposable dust/fume respirators
These respirators are lightweight paper or foam masks which fit over the nose and mouth and are held in place by rubber straps which fit around the head of the wearer. They remove fume particles by a filtering action and can be discarded after use. To ensure a tight seal, this type of respirator must be carefully molded to conform to the shape of the user's face.

Disposable respirators protect against concentrations of metal fumes that are slightly above recommended exposure limits but provide no protection against gases or organic vapours.

Powered air-purifying respirators (with dust/fume filter)
These are a relatively new type of respirator that have been used with some success in welding. A compact fan unit, powered by a rechargeable battery pack draws contaminated air through a series of filters. The filtered air is carried by a flexible hose to the back of the helmet and the air flows over the face of the worker in a downward motion and out of the bottom of the visor. The flow of air prevents fume particles from leaking in around the face seal.

These respirators provide a greater level of protection than disposable respirators for metal fumes, but they provide no protection against gases and vapours. Recent field and laboratory evaluations of powered air-purifying respirators found that how the respirator was fitted and used greatly affected its ability to reduce fume exposures to a safe level (19,20).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Supplied-air respirators

Supplied-air respirators provide uncontaminated air from an external source by means of a rubber mask, which covers the nose and mouth, connected to an air line. These respirators should be used in situations where maximum protection against fumes and gases is needed, as in confined or enclosed spaces with little or no ventilation, where concentrations of carbon monoxide, nitrogen oxides, ozone or toxic metal fumes may build up rapidly to dangerous levels.

To determine the best type of respirator for a particular situation, levels of fumes and gases may have to be measured by an occupational hygienist. A reputable safety equipment supplier should also be consulted about selecting respirators. To be effective, a respiratory protection program depends heavily on worker education in the correct fitting, use, and maintenance of the respirators. It is also important to remember that workers who are required to be close to where the welding is being done, such as welders' helpers, should also be provided with respiratory protection.

Table 3
Minimum Respiratory Protection Recommendations for Welding Processes

		Shop Welding		Field Welding	
		Ventilation Good: Exhaust vent is used to capture fumes and gases	Ventilation Poor: Vent cannot be used due to physical or process restrictions	Ventilation Good:[A] Open area spark enclosure, or inside vessel with excellent air movement	Ventilation Poor:[B] Spark enclosure or inside vessel with poor air movement
Shielded Metal Arc Welding	Carbon Steel	Not required	Not required	Not required, except for galvanized	Fume mask required
	Other Alloys	Not required	Fume Mask required	Not required, except for galvanized	Fume mask required
Arc Cutting or Gouging		Arc cutting is shop not recommended: see field welding requirements		Fume mask required except for open plant areas	Air supplied respirator required Helpers to wear fume mask (minimum)
Oxy-acetylene Torch Cutting		Not required	Not required except for galvanized steel		Air supplied respirator required
Plasma Arc Cutting		Air supplied respirator required for all plasma arc cutting			
Gas Metal Arc Welding		Not required	Air supplied respirator required	Not required	Air supplied respirator required
Gas Tungsten Arc Welding		Not required	Air supplied respirator required	Not required	Air supplied respirator required

[A]General criteria to be met:
Spark Enclosures: At least two open sides; no fume accumulation; no more than one welder
Inside Vessels: Directional air flow moving fume away from welder; no more than one welder; no major structural or scaffolding barriers to air flow

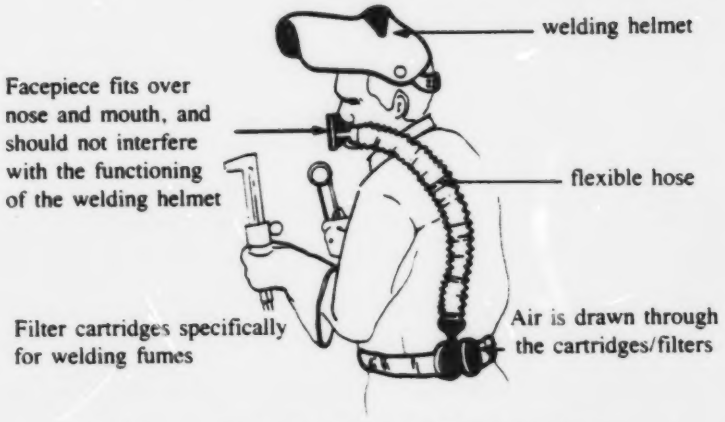
[B]Examples:
Spark enclosure with all sides enclosed
Vessel with welders working at different elevations
Visible accumulation of fume
Short circuiting of air flow by open manways

Adapted from Table 3, page 15, reference 10

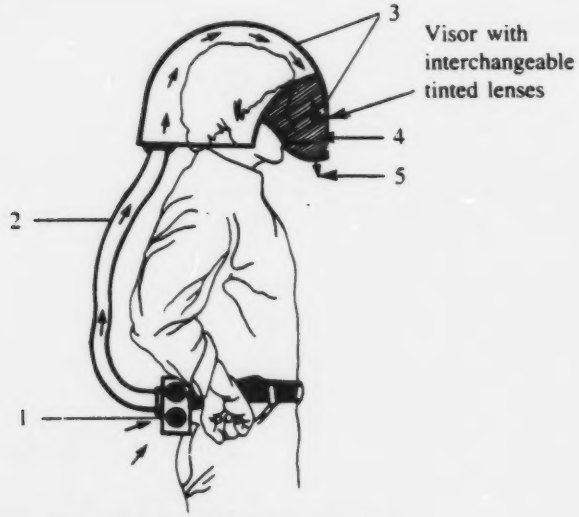
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

EXAMPLES OF RESPIRATORY PROTECTION FOR WELDING
Figure 2

Single-use air purifying respirator (dust/fume mask)



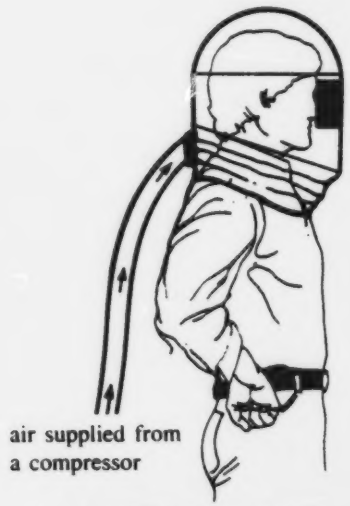
Air purifying, belt-mounted respirator



Powered air purifying respirator

1. a fan powered by a battery pack draws contaminated air through filter cartridges
2. filtered air is carried to the helmet through a flexible hose
3. face/head seal maintains positive pressure inside the helmet
4. filtered air is brought over the face for improved comfort, user breathes normally
5. exhaled air exits through cutout in bottom of faceshield

System is completely portable to allow maximum movement by the worker.



Supplied-air respirator

- operating principle similar to powered air purifying respirator
- clean air is provided from a compressed air source (air line) and flows into the helmet
- worker movement limited by length of hose connected to air line

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

F. WORK PRACTICES

Following good work practices is an effective contribution to reducing exposures. Work practices that can significantly reduce exposure levels include:

1. positioning of the welder's head as far away from the welding plume as possible,
2. removal of rust inhibitors, paints, degreasers or other coatings on metals to be welded, and
3. segregation of degreasing operations from welding tasks.

IV. SUMMARY

Exposure to high levels of welding fumes and gases causes specific short-term health effects such as respiratory tract irritation, metal fume fever, and in severe overexposures, life-threatening poisoning.

It seems unlikely that the question of long-term health effects from many years of exposure to welding fumes and gases will be fully answered in the near future. Therefore, the most logical approach is to reduce and control exposure to welding fumes and gases as much as possible by substitution of less hazardous materials, implementation of engineering controls, such as local exhaust ventilation, and development of good work practices.

Research efforts should also be focused on matching appropriate control strategies to particular types of welding processes.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

V. REFERENCES

1. Sampara, P. Health effects of welding fumes and gases (Document 6680h). Hamilton, Ontario : CCOHS, 1985

2. Effects of welding on health I. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

3. Effects of welding on health II. Miami, Florida : American Welding Society, 1981

4. Effects of welding on health III. Miami, Florida : American Welding Society, 1983

5. Effects of welding on health IV. Miami, Florida : American Welding Society, 1984

6. Arc welding and your health : a handbook of health information for welding. Akron, Ohio : American Industrial Hygiene Association, 1984

7. Stern, R. Process dependant risk of delayed health effects for welders. Environmental Health Perspectives. Vol. 41 (1981). p. 235-253

8. Welding fume - sources, characteristics and control. Vol. 1 and 2. Abington Hall, Cambridge, Great Britain : The Welding Institute, 1981

9. Fumes and gases in the welding environment. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

10. Welding health and safety resource manual. Akron, Ohio : American Industrial Hygiene Association, 1984

11. Gray, C.N.; Hewitt, P.J. Control of particulate emissions from electric-arc welding by process modification. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 25, no. 4 (1982). p. 431-438

12. Stern, R.M. Control technology for improvement of welding hygiene : some preliminary considerations. Copenhagen : The Danish Welding Institute, The Working Environment Research Group, 1979

13. Faggetter, A.K.; Freeman, V.E.; Hosein, H.R. Novel engineering methods for ozone reduction in gas metal arc welding of aluminum. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 44, no. 5 (1983). p. 316-320

14. Code for safety in welding and cutting (requirements for welding operators). Rexdale, Ontario : Canadian Standards Association, 1974. p. 38-44

15. Hagopian, J.H.; Bastress, E.K. Recommended industrial ventilation guidelines. Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), January 1976. p. 253-270, 327-330

16. Industrial ventilation : a manual of recommended practice. 18th edition. Lansing, Michigan : Committee on Industrial Ventilation, 1984

17. Pritchard, J.A. A guide to industrial respiratory protection. (Interagency Agreement nos. ; IA-74-23, IA-75-25 and IA-76-9). Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, June 1976

18. Selection, care, and use of respirators : Occupational health and safety. Rexdale, Ontario : Canadian Standards Association, May 1982

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

19. Que Hee, S.S.; Lawrence, P.L. Inhalation exposure of lead in brass foundry workers : the evaluation of the effectiveness of a powered air-purifying respirator and engineering controls. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 44, no. 10 (1983). p. 746-751

20. Think, K.S.; Hosein, H.R. Letter. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 45, no. 4 (1984). p. B-9 - B-10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

RÉDUCTION DE L'EXPOSITION AUX ÉMANATIONS DE SOUDAGE

Paul Sampara
Responsable de projets
Section des substances dangereuses

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

250 rue Main est
Hamilton Ontario
L8N 1H6

Décembre 1985

P85-7F

RÉDUCTION DE L'EXPOSITION AUX ÉMANATIONS DE SOUDAGE

NUMÉRO DU CCHST P85-7F

ISBN 0-660-91726-2

NUMÉRO DE CATALOGUE DSS CC273-2/85-7F

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

This publication is available
in both official languages.

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant il est entendu que le Centre ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par le demandeur par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

Date de publication: 1985

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE DES MATIÈRES

Page

PORTÉE **1**

INTRODUCTION **1**

I. FACTEURS AFFECTANT LA COMPOSITION ET LA CONCENTRATION DES ÉMANATIONS **2**

II. LES LIMITES D'EXPOSITION AUX ÉMANATIONS **2**

III. RÉDUCTION DE L'EXPOSITION **4**

A. La substitution 5
B. La modification des variantes du procédé de soudage 5
C. Mesures d'ingénierie particulières 5
D. La ventilation 5
E. Protection respiratoire 6
F. Les méthodes de travail 9

IV. RÉSUMÉ **11**

V. RÉFÉRENCES **12**

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

PORTÉE

Le présent document est un résumé des méthodes visant à réduire l'exposition aux émanations de soudage. Il vise principalement à servir comme source de renseignements pour les soudeurs, ingénieurs en soudage, comités d'hygiène et de sécurité, hygiénistes du travail et autres spécialistes de l'hygiène et de la sécurité au travail.

INTRODUCTION

Le soudage est un procédé industriel important qui utilise la chaleur et/ou la pression pour faire adhérer les métaux. Parmi les nombreuses techniques de soudage, c'est le soudage à l'arc qui est le plus répandu.

Le soudage à l'arc utilise une décharge électrique continue (un arc électrique) pour produire des températures très élevées (de 3 000°C à 30 000°C). L'arc électrique se maintient entre le conducteur d'électricité (l'électrode) et la pièce à souder. On manipule l'arc de manière à ce que le métal en fusion provenant de la pièce à souder s'allie à celui de l'électrode ou de la baguette d'apport pour former un bain de fusion qui constitue la soudure en se refroidissant.

Des gaz et des fumées se dégagent de la zone de l'arc sous la forme d'un panache pendant cette opération. La chaleur et le rayonnement ultra-violet provenant de l'arc de soudage dégagent aussi dans l'air ambiant des gaz qui peuvent être nocifs. Les soudeurs et les autres ouvriers qui travaillent à proximité sont exposés à ces émanations. L'évaluation des risques que comportent toutes ces substances pour la santé ne va pas de soi. Plusieurs variantes entrent en jeu dans la composition et la concentration des émanations de soudage. Chaque environnement de soudage représente donc un cas unique et l'évaluation de l'exposition de chaque soudeur devient une question très complexe.

A brève échéance, l'exposition à un niveau élevé d'émanations de soudage peut occasionner l'irritation des voies respiratoires, la fièvre des fondeurs et, dans les cas plus graves, l'intoxication mortelle.

Les effets à long terme de l'exposition aux émanations de soudage pendant plusieurs années ne sont pas bien connus. Le risque de cancer du poumon est-il plus élevé chez les soudeurs? Bien qu'on n'ait pas établi de lien évident entre le soudage et le cancer, certaines études suggèrent qu'il existe un risque accru de cancer du poumon chez le soudeur qui travaille l'acier inoxydable. On trouvera une discussion approfondie des effets du soudage sur la santé dans les références 1 à 6.

En attendant que la question des effets à long terme soit résolue et dans le but de limiter l'incidence des effets à court terme, il convient de limiter l'exposition aux émanations de soudage autant que possible en adoptant des mesures d'hygiène professionnelle convenables, comme celles que propose le présent document.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. FACTEURS AFFECTANT LA COMPOSITION ET LA CONCENTRATION DES ÉMANATIONS

L'exposition aux émanations de soudage varie considérablement en fonction des nombreux facteurs qui entrent en jeu. Le panache qui entoure l'arc peut atteindre un niveau de concentration de 100 milligrammes par mètre cube. Dans l'air que respire un soudeur sur une période de huit heures, la concentration des émanations peut aller de 2 à 10 milligrammes (7).

Au nombre des variantes affectant la composition et la concentration des émanations de soudage, on compte:

1. les procédés de soudage;
2. la composition de l'électrode;
3. le courant;
4. la tension et la longueur de l'arc;
5. la polarité de l'électrode et,
6. le gaz de protection.

Une exposition plus détaillée des facteurs affectant la composition et la concentration des émanations de soudage est donnée dans les références 8, 9 et 10.

Plus de 90 pour cent des fumées de soudage émanent de l'électrode ou de la baguette en fusion. En plus du métal d'apport qui s'apparente à celui de la pièce à souder, certaines électrodes comprennent une âme ou des enrobages se composant d'un mélange complexe de substances chimiques qui jouent un rôle important dans le procédé de soudage. Puisque ces substances se transforment elles aussi en émanations, il importe de les identifier pour déterminer la nature de la fumée dégagée.

L'American Welding Society a établi un système de classification intégrale des électrodes et baguettes de soudage fusibles (10). Un code alpha-numérique identifiant la composition chimique et les caractéristiques relatives au soudage est imprimé sur chaque électrode ou baguette de soudage au moment de la fabrication. On peut ordinairement obtenir sur demande chez les fabricants et les fournisseurs d'électrodes de soudage des feuilles de données relatives à la sécurité du matériel fournissant des renseignements très utiles sur la composition de ces produits.

II. LES LIMITES D'EXPOSITION AUX ÉMANATIONS

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) recommande une limite d'exposition de 5 milligrammes par mètre cube (mg/m^3) touchant le poids total des particules respirables des fumées de soudage. Cette moyenne pondérée sur le temps a été calculée en fonction d'une journée de travail de 8 heures et elle s'applique uniquement aux fumées de soudage se composant de polluants qui ne sont que peu ou modérément toxiques, comme l'oxyde de fer.

Certains procédés de soudage peuvent produire des niveaux élevés d'émanations toxiques. Par exemple, le soudage de l'acier inoxydable produit des niveaux élevés de chrome et de nickel; le soudage des métaux galvanisés produit des niveaux élevés de zinc et de cadmium. Dans ces cas, il faut respecter les limites d'exposition recommandées pour le genre d'émanation en cause.

L'ACGIH a recommandé des valeurs plafond et des limites d'exposition à court terme (LECT) visant certains composés ou métaux. Il ne faut jamais dépasser la valeur plafond au cours d'un quart de travail. La LECT définit le niveau d'exposition qu'il ne faut pas dépasser pendant plus de quinze minutes à la fois et non plus de quatre fois par quart de travail.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Le tableau 1 donne les limites d'exposition aux émanations de soudage recommandées par l'ACGIH et qui ont été adoptées comme critères par presque toutes les autorités nord-américaines.

Des limites d'exposition axées sur le procédé ont été mises au point pour faciliter l'établissement de valeurs tenant compte de l'exposition totale et des genres d'émanations en cause. Ces limites d'exposition, qui s'appuient sur les résultats de près de 2 000 analyses effectuées dans des conditions regroupant les cinq procédés de soudage et les métaux les plus répandus, sont données au tableau 2. Le ministère du Travail du Danemark a adopté des limites d'exposition axées sur le procédé.

Cette approche s'appuie sur un raisonnement selon lequel aucun des éléments constituant une émanation, comme le nickel ou le chrome, n'a plus de 5 pour cent de chance de dépasser sa limite particulière si la limite de concentration globale des émanations est respectée dans chaque procédé de soudage.

Les limites d'exposition axées sur le procédé ont l'avantage de simplifier l'échantillonage et l'analyse et d'en réduire les frais, puisqu'on s'en tient à un seul échantillon des émanations qui est jugé refléter, dans l'ensemble, l'exposition du soudeur aux fumées particulières qui composent ces émanations. Les limites d'exposition axées sur le procédé n'ont pas encore été fixées pour tous les procédés et toutes les substances connues.

Tableau 1
Limites d'exposition aux émanations de soudage recommandées par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) - 1984-85

Émanation de soudage	Limite d'exposition moyenne pondérée sur le temps (mg/m^3)	Limite d'exposition à court terme (mg/m^3)
Aluminium (fumée de soudage)	5	–
Béryllium[1]	0,002	–
Bioxyde d'azote	6	10
Bioxyde de carbone	9 000	27 000
Chrome sous forme de chrome VI[2]	0,05	–
Cobalt	0,10	–
	(0,05)	(0,1)
Émanations de soudage englobant toutes les particules	5	–
Fluorure	2,50	–
Fumée de cuivre	0,20	–
Fumée d'oxyde de vanadium	0,05	–
Fumée d'oxyde de zinc	5	10
Magnésium	10	–
Manganèse	1	3
Molybdène en composés solubles	5,0	10
Nickel en composés solubles[3]	0,10	(0,30)
Oxyde de cadmium	0,05 valeur plafond	–
Oxyde de carbone	55	440
Oxyde d'étain	2	(4)
Oxyde de fer	5	(10)
Oxyde de titane	10	20
Ozone	0,20	0,6
Phosgène	0,40	–
Phosphure d'hydrogène	0,40 mg/m^3	–

Notes
1. Susceptible de causer le cancer chez l'être humain
2. Reconnu comme cause de cancer chez l'être humain (certains composés non solubles dans l'eau)
3. Certains composés de nickel peuvent causer le cancer chez l'être humain.

Les chiffres entre parenthèses indiquent les modifications projetées.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Les limites d'exposition moyenne pondérée sur le temps représentent les concentrations d'un agent donné auquel on croit que presque tous les travailleurs peuvent être exposés jour après jour pendant une semaine de 40 heures sans subir d'effets nocifs.

Les limites d'exposition à court terme représentent les concentrations maximales auxquelles les travailleurs peuvent être exposés de temps à autre. Cependant, il faudra aussi respecter les conditions suivantes:

1. s'en tenir à une durée ne dépassant pas 15 minutes à la fois;
2. ne pas s'exposer plus de 4 fois par journée de travail et
3. laisser un intervalle de 60 minutes d'une exposition à l'autre.

Tableau 2
Limites d'exposition aux émanations axées sur le procédé de soudage*

Procédé de soudage	Métal à souder	Limite d'exposition axée sur le procédé en fonction des émanations de soudage englobant toutes les particules (mg/m^3) Exposition moyenne pondérée sur le temps
Soudage à l'arc manuel avec électrode métallique (MMA)	Acier doux	3,4
Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG)	Acier doux	3,1
Coupage à la flamme	Acier doux	2,8
Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène (TIG)	Acier inoxydable	2,7
Soudage à l'arc manuel avec électrode métallique (MMA)	Acier inoxydable	1,6

*selon la recommandation du Danish Welding Institute adoptée par le ministère du Travail du Danemark.

III. RÉDUCTION DE L'EXPOSITION

On ne saurait s'attendre à ce qu'une méthode de limitation unique suffise à éliminer les dangers de l'exposition, à moins que les substances dangereuses ne soient éliminées complètement. De façon courante, on obtient les meilleurs résultats en ayant recours à une stratégie de réduction mixte. Il faut retenir comme principe important que plus un dispositif de captage est éloigné de la source d'émanation, moins il est efficace.

Comme pour la plupart des risques en milieu de travail, les émanations de soudage peuvent être réduites de plusieurs manières. En voici quelques unes.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

A. LA SUBSTITUTION

Les fabricants d'électrodes de soudage peuvent parfois remplacer certains ingrédients de leurs produits sans changer les caractéristiques métallurgiques importantes affectant le soudage. Par exemple, on a grandement réduit les émanations de chrome dans le soudage de l'acier inoxydable en substituant du silicate de lithium ou un liant organique aux silicates de sodium ou de potassium[11].

B. LA MODIFICATION DES VARIANTES DU PROCÉDÉ DE SOUDAGE

Les variantes du procédé de soudage peuvent être réglées de manière à produire un rendement maximal tout en réduisant les émanations à leur minimum.

Voici quelques exemples de la façon dont les variantes du procédé de soudage peuvent affecter le dégagement des fumées[8, 9, 10].

1. **Le courant**. En général, plus l'intensité du courant est élevée, plus l'émission de fumées est importante.
2. **Le diamètre des électrodes**. En présence d'un courant égal, les électrodes de petit diamètre produisent plus de fumées que celles qui ont un plus grand diamètre.
3. **La tension**. La quantité de fumées augmente en proportion directe avec la tension.
4. **La polarité de l'électrode**. Le soudage au courant direct positif produit jusqu'à 30 pour cent de plus de fumées que le soudage au courant direct négatif ou au courant alternatif.
5. **La longueur de l'arc**. Plus l'arc est long, plus il produit de fumées.
6. **Le gaz de protection**. Le genre de gaz de protection qu'on utilise contribue à déterminer le volume des émanations. Par exemple, le volume des émanations peut être réduit de 15 à 25 pour cent lorsqu'on ajoute de l'argon au bioxyde de carbone au lieu d'utiliser ce dernier à l'état pur. Les concentrations d'ozone sont réduites de façon importante lorsqu'on ajoute de l'oxyde nitrique au gaz de protection dans le soudage de l'aluminium au MIG[12].

C. MESURES D'INGÉNIERIE PARTICULIÈRES

Des mesures d'ingénierie innovatrices peuvent être mises au point en vue de réduire les émanations particulières dans un environnement de soudage donné. Prenons comme exemple deux méthodes qui ont récemment été mises au point dans le but de réduire les concentrations d'ozone dans le soudage de l'aluminium au MIG[13]. L'ozone représente un problème particulier puisqu'il se forme à une certaine distance de l'arc électrique, échappant ainsi à la ventilation locale dans bien des cas.

La première méthode emploie un filet isolant inoxydable qu'on fixe au chalumeau et qui est pourvu d'une petite fenêtre permettant au soudeur de voir son travail. Ce filet isolant tend à empêcher les rayonnements ultraviolets de produire de l'ozone en entrant en contact avec l'oxygène de l'air ambiant. Plus on ajoute de couches de filet isolant, plus on entrave le rayonnement, parvenant ainsi dans la plupart des cas à maintenir un niveau d'ozone qui ne dépasse pas les limites recommandées, soit 0,1 partie par million.

La deuxième méthode fait appel à une combinaison d'isolation et de ventilation lorsqu'on ne peut pas utiliser le filet isolant en acier inoxydable à cause de la taille ou de la configuration des pièces à souder. On construit alors une cabine de soudage légère et mobile, en plastique translucide, munie d'un ventilateur aspirant. Le plastique translucide empêche les rayons ultraviolets de se propager et de produire de l'ozone. Ce genre de ventilation par confinement réduit les niveaux d'ozone tant pour le soudeur que pour les autres travailleurs qui l'entourent.

D. LA VENTILATION

La ventilation vise à produire une circulation d'air qui réduit l'exposition aux polluants en milieu de travail. Dans le cas du soudage, les deux grands types de ventilation sont la ventilation générale ou par dilution et la ventilation par aspiration locale.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

La ventilation générale ou par dilution consiste à faire pénétrer une grande quantité d'air dans le local de travail, soit par des moyens naturels, en ouvrant les portes et les fenêtres, soit à l'aide de ventilateurs. Au lieu d'éliminer les polluants, la ventilation générale vise à les diluer en les dispersant. Puisque le soudage produit des concentrations élevées d'émanations à proximité du lieu de travail, il faudrait faire circuler une grande quantité d'air neuf pour empêcher l'exposition d'atteindre un niveau dangereux dans le local de travail. La ventilation générale pourrait cependant être efficace dans le cas des émanations qui ne sont pas considérées très toxiques, comme les fumées d'oxyde de fer qui se dégagent dans le soudage de l'acier doux en atmosphère inerte avec électrode fusible.

La ventilation par aspiration locale consiste à capter les polluants au plus près possible de leur source d'émission et à les évacuer du local de travail. Puisque la plupart des émanations se produisent à proximité de l'arc électrique, la ventilation par aspiration locale est beaucoup plus efficace que la ventilation générale ou par dilution. Les systèmes d'aspiration locale sont ordinairement plus économiques, car ils nécessitent un débit d'air moins élevé.

Le système de ventilation par aspiration locale comprend ordinairement une hotte ou un encoffrement, un conduit, un dispositif d'épuration de l'air et un ventilateur aspirant qui évacue l'air pollué.

Voici les trois exemples de ventilation par aspiration localisée dans le domaine du soudage:

1. le poste fixe, tel que les tables ou les établis à aspiration vers l'arrière ou vers le bas dans des cabines entièrement ou partiellement fermées;
2. le poste mobile, tel que la hotte fixée à un conduit mobile;
3. les dispositifs d'aspiration fixés directement au pistolet de soudage.

Des exemples de ces genres de ventilation par aspiration locale sont illustrés dans la figure 1.

Les systèmes de ventilation par aspiration locale devraient être conçus de manière à capter les fumées avant que le soudeur ne les respire. C'est pourquoi on ne recommande pas les hottes en dôme qui font que les émanations sont aspirées en direction du soudeur au lieu d'être écartées de lui. Des exemples de ces genres de ventilation par aspiration locale sont illustrés dans la figure 1.

On éprouve des difficultés particulières lorsqu'il faut réduire l'exposition aux émanations de soudage dans des espaces restreints, comme dans les cas de l'industrie navale et de la construction. Ces dernières années, on a mis au point des systèmes portatifs de ventilation se composant d'un filtre à particules et d'un dispositif d'évacuation des gaz[8]. Ces appareils réduisent l'exposition aux émanations dans la mesure où le soudeur réussit à maintenir la buse ou le bec en place aussi près que possible de l'arc électrique.

Il faut vérifier le bon fonctionnement des systèmes de ventilation régulièrement, veillant à ce que les hottes assurent une bonne circulation d'air et à ce que les conduits soient exempts de signes d'usure ou de fuites.

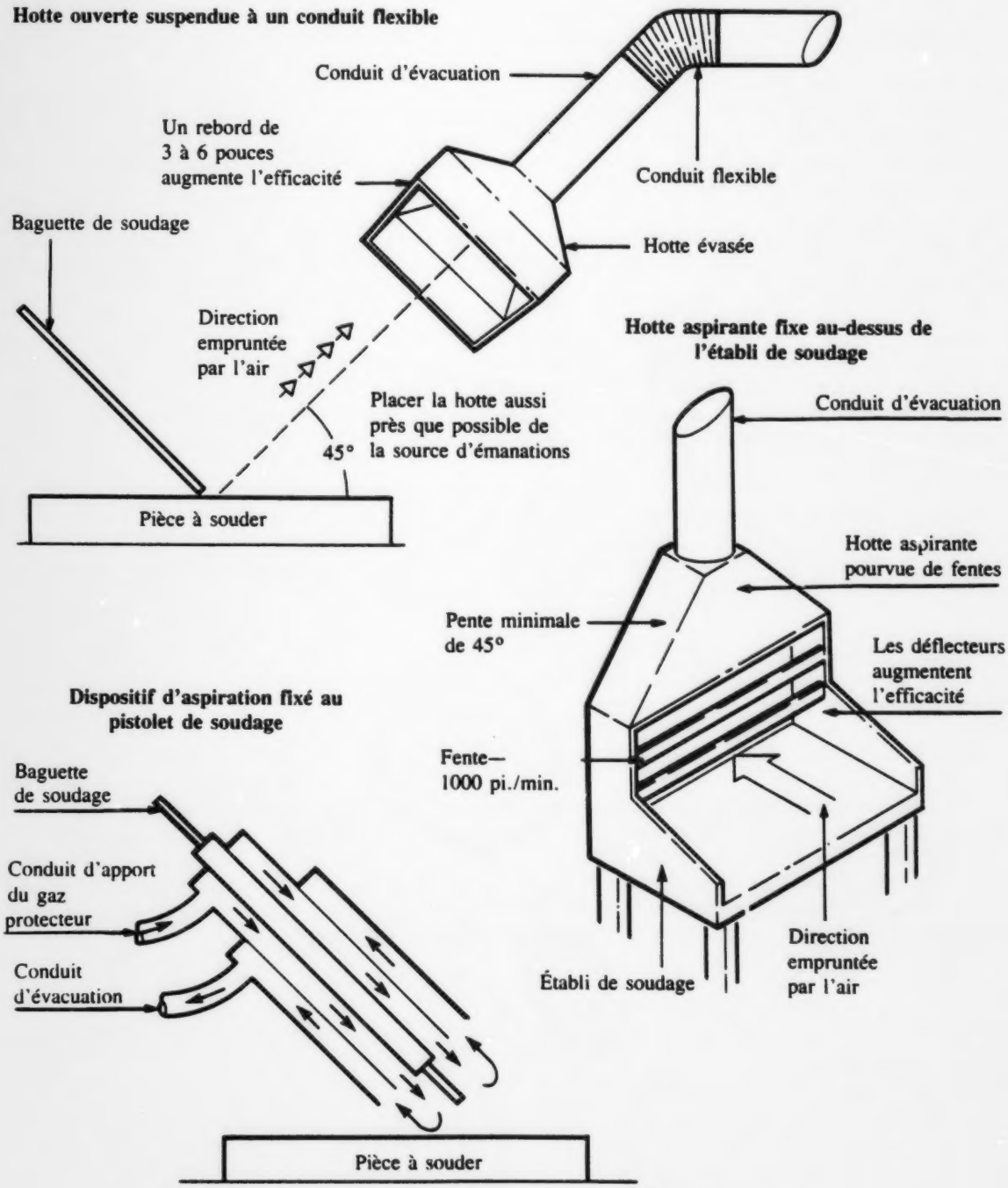
Des conseils pratiques visant la ventilation des ateliers de soudage et de coupage sont publiés dans la norme W117.2[14] de l'Association canadienne de normalisation (ACNOR). On trouve d'autres conseils pratiques et recommandations visant la ventilation générale ou par aspiration locale dans les publications américaines du NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) et de l'ACGIH (American Conference of Governmental Industiral Hygienists)[15,16]. Ces documents entrent dans les détails relatifs à la conception et à l'installation des différents sytèmes de ventilation mentionnés plus haut.

E. PROTECTION RESPIRATOIRE

On ne devrait avoir recours à des dispositifs de protection respiratoire que lorsque les méthodes de réduction de l'exposition qui précèdent ne sont pas praticables, en attendant qu'elles le deviennent, ou en cas d'urgence. En effet, l'emploi d'un appareil respiratoire est la méthode de réduction de l'exposition la moins avantageuse, puisqu'on ne fait ainsi que contourner le problème. Le niveau de protection dépend largement du choix d'un appareil approprié et de son utilisation convenable par le soudeur.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

EXEMPLES DE VENTILATION PAR ASPIRATION LOCALE EN SOUDAGE
Figure 1



Il faut faire l'analyse expérimentale des échantillons d'agents contaminants pour déterminer quel est le débit d'échappement nécessaire pour chaque opération de soudage et chaque genre de pistolet utilisé.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Il n'est pas ordinairement nécessaire de porter un appareil respiratoire quelconque pour souder, si ce n'est en l'absence d'un système convenable de ventilation générale ou locale, ou si le travail s'effectue dans un endroit où l'air ne circule pas comme il se doit[10, 17, 18].

Les genres d'appareils respiratoires généralement recommandés aux soudeurs apparaissent dans le tableau 3. Les trois genres d'appareils respiratoires les plus répandus sont les suivants et ils sont illustrés dans la figure 2.

Les masques jetables filtrant la poussière et la fumée.
Il s'agit de masques légers en papier ou en caoutchouc mousse qui recouvrent le nez et la bouche et sont retenus en place au moyen de courroies en caoutchouc s'adaptant à la tête de l'utilisateur. Ce sont des filtres qui retiennent les particules contenues dans la fumée et qui se jettent après l'usage. Pour bien isoler, ces appareils doivent s'ajuster convenablement au visage de l'utilisateur.

Ces appareils respiratoires jetables sont efficaces lorsque la concentration de fumée de métal n'est pas beaucoup plus élevée que la limite d'exposition recommandée. Cependant, ils n'offrent aucune protection contre les gaz et les vapeurs organiques.

Les appareils respiratoires filtrants aérés (contre la poussière et la fumée).
Ces appareils d'invention plutôt récente ont une certaine utilité dans le soudage. Un ventilateur compact alimenté par piles rechargeables fait passer l'air contaminé par une série de filtres. Une fois filtré, l'air passe par un tuyau flexible partant de l'arrière du casque et circule sur le visage du travailleur pour enfin s'échapper par le bas de l'écran facial. En circulant ainsi, l'air filtré empêche les matières en suspension de s'insérer entre le masque et le visage de l'utilisateur.

Ces appareils respiratoires assurent un niveau de protection plus élevé que les masques jetables dans le cas des fumées métalliques, mais ils n'offrent aucune protection contre les gaz et les vapeurs. Selon les évaluations faites dans la pratique et en laboratoire, l'ajustement et l'utilisation des appareils respiratoires filtrants aérés déterminent dans quelle mesure ils peuvent réduire les dangers de l'exposition aux fumées[19, 20].

Appareils à adduction d'air
Ces appareils comprennent un masque en caoutchouc couvrant le nez et la bouche relié à un conduit d'air pur venant de l'extérieur. On doit les utiliser lorsqu'une protection maximale contre les gaz et les fumées est nécessaire, dans un endroit fermé ou isolé où la ventilation est insuffisante et où la concentration d'oxyde de carbone ou d'azote, d'ozone ou de fumées métalliques toxiques, peut rapidement atteindre un niveau élevé.

Il pourrait être nécessaire de consulter un hygiéniste du travail pour déterminer quel est l'appareil respiratoire qui convient le mieux dans une situation donnée. Au moment d'acheter les appareils, on demandera conseil à un fournisseur d'équipement de sécurité jouissant d'une bonne réputation. L'efficacité d'un programme de protection respiratoire dépend largement de la formation qu'on procure aux travailleurs quant à la façon d'ajuster, d'utiliser et d'entretenir les appareils convenablement. Il faut aussi procurer une protection respiratoire adéquate aux autres employés qui sont exposés à l'environnement de soudage, comme l'aide soudeur.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Tableau 3
Protection respiratoire minimale recommandée pour les divers Procédés de soudage

		Soudage en usine		Soudage en chantier	
		Bonne ventilation: un capteur évacue les fumées et les gaz	Ventilation circonstances ne permettant pas l'emploi d'un capteur	Bonne ventilation:[A] lorsque l'air circule bien et les étincelles sont isolées dans une zone ouverte ou des cabines d'isolement	Ventilation médiocre:[B] dans une cabine d'isolement ou un bâtiment où l'air circule mal
Soudage à l'arc au métal avec écran	Acier au carbone	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire, sauf pour le métal galvanisé	Masque à fumée nécessaire
	Autres alliages	Non nécessaire	Masque à fumée nécessaire	Non nécessaire, sauf pour le métal galvanisé	Masque à fumée nécessaire
Coupage ou gougeage à l'arc		Le coupage à l'arc n'est pas recommandé en atelier. Voir les exigences visant les chantiers.		Masque à fumée nécessaire sauf dans une zone de travail ouverte	Appareil à adduction d'air nécessaire L'aide soudeur doit porter au moins un masque à fumée
Oxycoupage à l'acétylène		Non nécessaire	Non nécessaire, sauf pour le métal galvanisé		Appareil à adduction d'air nécessaire
Coupage à l'arc au plasma		Appareil à adduction d'air nécessaire pour tout coupage à l'arc au plasma			
Soudage à l'arc au gaz et métal		Non nécessaire	Apparail à adduction d'air nécessaire	Non nécessaire	Appareil à adduction d'air nécessaire
Soudage à l'arc au gaz et tungstène		Non nécessaire	Appareil à adduction d'air nécessaire	Non nécessaire	Appareil à adduction d'air nécessaire

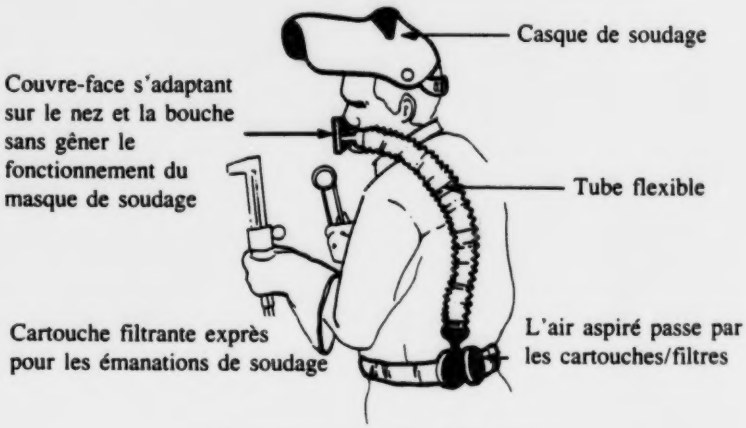
[A]**Critères généraux**
Cabines d'isolement: Au moins deux côtés ouverts; aucune accumulation de fumée; pas plus d'un soudeur
Dans les cuves ou réservoirs: L'air circule de manière à éloigner les fumées du soudeur; pas plus d'un soudeur; aucun obstacle important ne gêne la circulation de l'air.
[B]**Exemples**
Cabine d'isolement fermée de tous les côtés
Soudeurs travaillant à différentes hauteurs dans un réservoir
Accumulation de fumée visible
Circulation de l'air perturbée par des ouvertures

Adapté du tableau 3, page 15, référence 10.

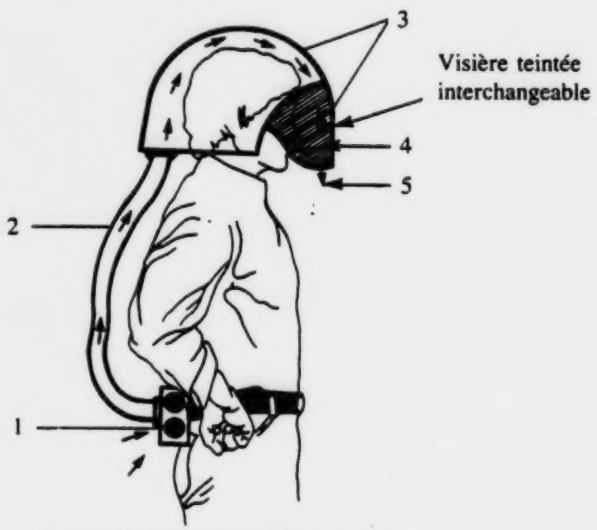
CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

EXEMPLES DE PROTECTION RESPIRATOIRE EN SOUDAGE
Figure 2

Masque jetable filtrant la poussière et la fumée



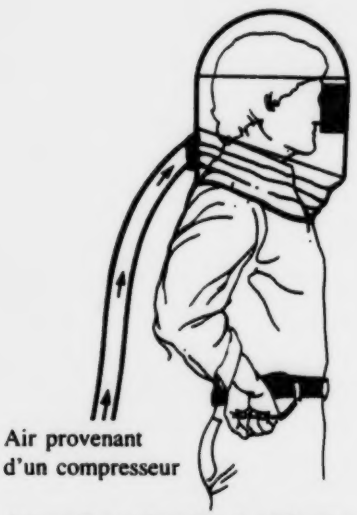
Épurateur d'air fixé à la ceinture



Appareil respiratoire filtrant aéré

1. Un ventilateur compact alimenté par pile fait passer l'air par des cartouches filtrantes
2. L'air filtré est transmis au casque par un tube flexible
3. Un joint entoure le visage et la tête, assurant une pression positive à l'intérieur du casque
4. L'utilisateur respire confortablement l'air filtré qui lui parvient au visage
5. L'air expiré s'échappe par une ouverture au bas de la visière

L'appareil est entièrement portatif et facilite au maximum les mouvements du travailleur



Appareil respiratoire à adduction d'air

- fonctionnement semblable à C
- l'air pur provenant d'un compresseur pénètre dans le casque au moyen d'un tube flexible
- les mouvements du travailleur sont limités par la longueur du tube relié à la source d'air

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

F. LES MÉTHODES DE TRAVAIL

Pour contribuer de façon efficace à la réduction du niveau d'exposition, il convient de cultiver de bonnes habitudes de travail comme les suivantes:

1. tenir la tête aussi éloignée que possible du panache de fumée;
2. enlever du métal à souder toute trace de peinture, d'agent antirouille ou dégraissant et de tout autre produit;
3. effectuer le dégraissage à l'écart des lieux de soudage.

IV. RÉSUMÉ

A brève échéance, l'exposition à un niveau élevé d'émanations de soudage peut occasionner l'irritation des voies respiratoires, la fièvre des fondeurs et, dans les cas plus graves, l'intoxication mortelle.

Quant à la question des effets à long terme de l'exposition aux émanations de soudage pendant plusieurs années, une réponse ne s'annonce pas pour bientôt. La meilleure façon de procéder serait donc de réduire au maximum cette exposition par tous les moyens possibles en utilisant les substances qui présentent le moins de risque, en adoptant des mesures techniques comme la ventilation par aspiration locale et en pratiquant des bonnes méthodes de travail.

Il serait souhaitable de faire porter la recherche sur les stratégies de réduction les plus appropriées pour chaque procédé de soudage particulier.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

V. RÉFÉRENCES

1. Sampara, P. Health effects of welding fumes and gases (Document 6680h). Hamilton, Ontario : CCOHS, 1985

2. Effects of welding on health I. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

3. Effects of welding on health II. Miami, Florida : American Welding Society, 1981

4. Effects of welding on health III. Miami, Florida : American Welding Society, 1983

5. Effects of welding on health IV. Miami, Florida : American Welding Society, 1984

6. Arc welding and your health : a handbook of health information for welding. Akron, Ohio : American Industrial Hygiene Association, 1984

7. Stern, R. Process dependant risk of delayed health effects for welders. Environmental Health Perspectives. Vol. 41 (1981). p. 235-253

8. Welding fume - sources, characteristics and control. Vol. 1 and 2. Abington Hall, Cambridge, Great Britain : The Welding Institute, 1981

9. Fumes and gases in the welding environment. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

10. Welding health and safety resource manual. Akron, Ohio : American Industrial Hygiene Association, 1984

11. Gray, C.N.; Hewitt, P.J. Control of particulate emissions from electric-arc welding by process modification. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 25, no. 4 (1982). p. 431-438

12. Stern, R.M. Control technology for improvement of welding hygiene : some preliminary considerations. Copenhagen : The Danish Welding Institute, The Working Environment Research Group, 1979

13. Faggetter, A.K.; Freeman, V.E.; Hosein, H.R. Novel engineering methods for ozone reduction in gas metal arc welding of aluminum. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 44, no. 5 (1983). p. 316-320

14. Code for safety in welding and cutting (requirements for welding operators). Rexdale, Ontario : Canadian Standards Association, 1974. p. 38-44

15. Hagopian, J.H.; Bastress, E.K. Recommended industrial ventilation guidelines. Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), January 1976. p. 253-270, 327-330

16. Industrial ventilation : a manual of recommended practice. 18th edition. Lansing, Michigan : Committee on Industrial Ventilation, 1984

17. Pritchard, J.A. A guide to industrial respiratory protection. (Interagency Agreement nos. ; IA-74-23, IA-75-25 and IA-76-9). Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, June 1976

18. Selection, care, and use of respirators : Occupational health and safety. Rexdale, Ontario : Canadian Standards Association, May 1982

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

19. Que Hee, S.S.; Lawrence, P.L. Inhalation exposure of lead in brass foundry workers : the evaluation of the effectiveness of a powered air-purifying respirator and engineering controls. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 44, no. 10 (1983). p. 746-751

20. Think, K.S.; Hosein, H.R. Letter. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 45, no. 4 (1984). p. B-9 - B-10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6